

S/n 10/500,017
 aut unit
 1764

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2001-524019

(P2001-524019A)

(43) 公表日 平成13年11月27日 (2001.11.27)

(51) Int. Cl.

B 01 J 19/00

識別記号

F I

B 01 J 19/00

テコード (参考)

Z

K

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願平10-536162
 (86) (22) 出願日 平成10年2月17日 (1998.2.17)
 (85) 翻訳文提出日 平成11年8月6日 (1999.8.6)
 (86) 国際出願番号 PCT/DE98/00519
 (87) 国際公開番号 WO98/37457
 (87) 国際公開日 平成10年8月27日 (1998.8.27)
 (31) 優先権主張番号 19708472.9
 (32) 優先日 平成9年2月20日 (1997.2.20)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CA, JP, KR, US

(71) 出願人 アトーテヒ ドイツシュラント ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング
 ドイツ連邦共和国 デー・10553 ベルリン エラスムスシュトラッセ 20
 (72) 発明者 ブロイアー ノルベルト
 ドイツ連邦共和国 デー・71254 デイトツィンゲン ヨハン・セバスティアン・バッハ・シュトラッセ 11
 (72) 発明者 マイヤー ハイブリヒ
 ドイツ連邦共和国 デー・14109 ベルリン ビスマルクシュトラッセ 8
 (74) 代理人 弁理士 伊藤 武久 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ケミカルマイクロリアクタとその製造のための方法

(57) 【要約】

化学合成のためのケミカルマイクロリアクタとその製造方法は公知であるが、例えば非常に高い製造コストや異なる応用への採用に関する乏しい柔軟性といった欠点を有する。本発明に係るマイクロリアクタと製造方法で、それら欠点は回避される。当該マイクロリアクタは、当該リアクタが少なくとも1枚の平面での流体経路並びに流体のための流入口と流出口を有し、その際、当該流体経路が互いに対向配置された金属製側壁とこれら側壁の間に延在する別の金属製乃至プラスチック製側壁とによって固定され、上記平面が互いに及び/又は開放した流体経路を密封する閉鎖手段と適切な鍍付け層又は接着層によって結合されていることによって特徴付けられる。製造方法は、電気メッキ技術を用いて製造された個々のリアクタ平面が鍍付け又は接着によって互いに接合されるような方法ステップで特徴付けられている。

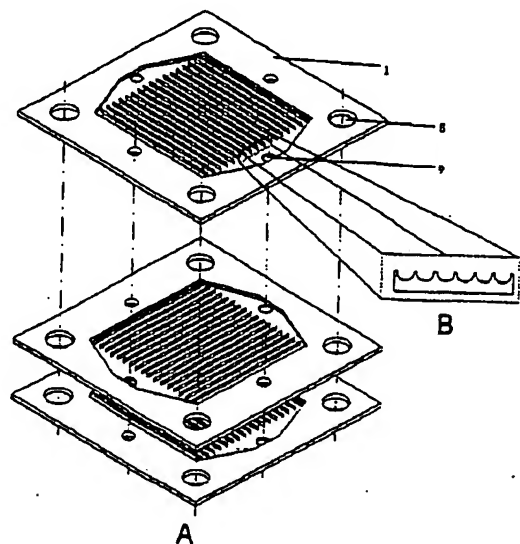


Figure 3

【特許請求の範囲】

1. プラスチック成形法を使用しない、流体経路並びに流体のための導入路と導出路を備えた少なくとも1つのサブストレートを有するケミカルマイクロリアクタのための製造方法にして、

a. サブストレート上にある金属表面に、フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層を用いて流体経路構造を形成して、部分的に上記層によって金属表面を覆うこと；

b. 上記サブストレートの露出表面から少なくとも部分的に金属を非電着性及び／又は電気化学的に腐食除去すること；

c. フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；

d. 接着層及び／又は鍍付け層の形成；

e. 上記サブストレートと上記流体経路を閉じる閉鎖セグメントとの重ね合わせと、接着及び／又は鍍付けによるサブストレートと閉鎖セグメントの相互連結の各方法ステップを備える製造方法。

2. プラスチック成形法を使用しない、流体経路並びに流体のための導入路と導出路を備えた少なくとも1つのサブストレートを有するケミカルマイクロリアクタのための製造方法にして、

a. サブストレート上にある金属表面に、フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層を用いて流体経路構造を形成して、部分的に上記層によって金属表面を覆うこと；

b. サブストレートの露出表面に非電着性及び／又は電気化学的に金属層を析出すること；

c. フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；

d. 流体経路を形成し、少なくとも部分的にサブストレートの金属を非電着性及び／又は電気化学的に腐食除去すること；

e. 接着層及び／又は鍍付け層の形成；

f. 上記サブストレートと上記流体経路を閉じる閉鎖セグメントとの重ね合わせと、接着及び／又は鍍付けによるサブストレートと閉鎖セグメントの相互連結

の各方法ステップを備える製造方法。

3. プラスチック成形法を使用しない、流体経路並びに流体のための導入路と導出路を備えた少なくとも1つのサブストレートを有するケミカルマイクロリアクタのための製造方法にして、

- a. サブストレートに、フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層を用いて流体経路構造を形成して、部分的に上記層によってサブストレート表面を覆うこと；
- b. 上記サブストレートの露出表面に金属層を析出すること；
- c. フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；
- d. 接着層及び／又は鍍付け層の形成；
- e. 上記サブストレートと上記流体経路を閉じる閉鎖セグメントとの重ね合わせと、接着及び／又は鍍付けによるサブストレート

と閉鎖セグメントの相互連結

の各方法ステップを備える製造方法。

- 4. 上記方法ステップaで、サブストレートがフォトレジスト層で被覆され、当該フォトレジスト層が流体経路構造のポジ乃至ネガ画像で露光され、次いで発現されることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項にしたがう方法。
- 5. 少なくとも鋼、特殊鋼、銅、ニッケル及びアルミニウムからなる群から選択された金属からなる表面を備えたサブストレートが用いられることを特徴とする前記請求項のいずれか一項にしたがう方法。
- 6. 上記方法ステップbで、少なくとも錫、鉛、ニッケル、コバルト、ビスマス、銀、金及びこれら金属の合金からなる群から選択された金属が非電着性及び／又は電気化学的に施与されることを特徴とする請求項2にしたがう方法。
- 7. 錫層、鉛層、ビスマス層又は合金層が金属に熱作用下で結合される鍍付け結合によって上記サブストレートが相互連結されることを特徴とする請求項6にしたがう方法。
- 8. 上記方法ステップbで、サブストレートの一方の側に錫層が施与され、サブストレートの他方の側にビスマス層が施与されて、錫層とビスマス層が上下に重

なり合い次いで互いに鍍付けされるように上記サブストレートが積み重ねられることを特徴とする請求項6又は7にしたがう方法。

9. 通路がサブストレートの内側に形成されることを特徴とする

前記請求項のいずれか一項にしたがう方法。

10. サブストレートを重ね合わせ相互連結した後に流体経路の表面が金属析出、金属エッチング及び化合物又は他の化学種の吸着からなる群から選択された少なくとも1つの方法によって部分変更されることを特徴とする前記請求項のいずれか一項にしたがう方法。

11. 触媒表面の形成のため又は腐食層としてパラジウム層、プラチナ層、ロジウム層、イリジウム層、ルテニウム層及び／又はこれら金属の合金の層及び／又はニッケル／磷合金層の更なる析出によって流体経路の表面が部分変更されることを特徴とする請求項10にしたがう方法。

12. 強磁性金属層の施与によってバルブ及び／又は他のアクターがリアクタに形成されることを特徴とする前記請求項のいずれか一項にしたがう方法。

13. 流れる流体の特性の測定のためのセンサ及び／又は電線がリアクタに形成されることを特徴とする前記請求項のいずれか一項にしたがう方法。

14. 電氣的抵抗加熱系及び／又は冷却要素がリアクタに形成されることを特徴とする前記請求項のいずれか一項にしたがう方法。

15. 複数のサブストレートからなるマイクロリアクタの個々の層にて、透光性窓を形成するために腐食除去によって限定された範囲で金属が完全に除去されることを特徴とする前記請求項のいずれか一項にしたがう方法。

16. 流体経路を少なくとも1つの平板に並びに流体のための導入路と導出路を備えたケミカルマイクロリアクタにして、上記流体経路が互に対抗する金属でなる側壁とこれら側壁の間に延在する金属乃至プラスチックでなる他の側壁によって画定されたマイクロリアクタにおいて、適切な鍍付け層及び／又は接着層を用いて上記平板が互いに及び／又は開いた流体経路を閉じる閉鎖セグメントと連結していることを特徴とするマイクロリアクタ。

17. 上記側壁が少なくとも鋼、特殊鋼、銅、ニッケル及びアルミニウムの群から選択された金属から形成されることを特徴とする請求項16にしたがうマイクロリアクタ。

18. 鍍付け層として、錫、鉛、ビスマス、アンチモン及び銀の群から選択された金属を含有する金属合金が含まれることを特徴とする請求項16又は17にしたがうマイクロリアクタ。

19. 側壁が触媒作用のため及び／又は腐食保護のために機能層で被覆されていることを特徴とする請求項16～18のいずれか一項にしたがうマイクロリアクタ。

20. 有毒、不安定又は爆発性の化学製品、特に塩化シアン、ホスゲン、酸化エチレン、セレン化合物、メルカプタン、塩化メチル、ヨウ化メチル、硫酸ジメチル、塩化ビルニ及びホスフィンを製造するために、請求項16～19のいずれか一項にしたがうマイクロリアクタの使用。

【発明の詳細な説明】**ケミカルマイクロリアクタとその製造のための方法**

本発明は、とりわけ合成法のための化学工業において使用可能なケミカルマイクロリアクタ、その製造のための方法並びに上記マイクロリアクタの好ましい使用法に関するものである。

文献において、数年来、化合物製造のための従来どおりの製造設備に対し利点を有するケミカルリアクタ（反応装置）が報告されている。大規模工業技術の生産スケールへの化学的方法の転換において、製造設備の寸法が実験室スケールでの方法開発のために用いられた機器よりも一層の規模で大きいという基本的問題がある。例えば化学合成が考慮される場合、互いに反応する化学種の問題となるサイズスケールは、一般に1ナノメートル以下から数ナノメートルまでの範囲となるその分子の大きさによって決められる。拡散現象や伝熱現象にとって数ミリメートルからミクロン範囲までの長さが重要である。大規模工業技術に必要な製造容積乃至かさの理由で、ケミカルリアクタはたいていの場合、数センチメートルから数メートルの間の大きさである寸法を有する。それ故、プロセス処理に関して数リットルから約100リットルまでの反応容積での実験室スケールにおいて得られた認識は少なくとも均質な化学反応にとって直接的に大規模工業技術のスケールに適用することができない。既に液体混合の際に、様々な濃度

の領域の間の隔たりを縮めるように物質搬送を拡大するために攪拌装置が先ず第一に必要である。リアクタの様々な寸法乃至大きさから所謂スケールアップの問題も結果的に生じる。それにしたがって、実験室スケールで最適であった化学反応は即座に製造設備に転用されうるのではなくて、最終的に大規模工業技術製造に用いられる前に、先ず実験室スケールと生産スケールの間の寸法乃至大きさ（工業学校スケール）のパイロット設備（パイロットシステム）に転用される。この方法開発のあらゆる段階がそれ自身の最適化サイクルを要することが問題である。これらサイクルのどれもが付加的にプロセス導入に必要な開発期間に関係する。これに対して不均一触媒作用の場合、触媒粒子がしばしば、その穴の大きさが物質移送に関連した大きさのオーダー範囲（ミリメートルからミクロンの範囲

にある多孔質の担体に施与される。

プロセス制御が最適でなく単に実験室スケールからの知識に基づくものである場合、例えば化学合成の収量（収穫物）は、優先的に進行する副次的反応のために望ましくない副産物が形成される割合が大きすぎるので、あまりに僅かである。

実験室スケールから生産スケールへ方法に移す際の上記問題を解決するために、数年前に所謂マイクロリアクタの原理が開発された。その際、その寸法が数マイクロから数ミリメートルである多数の反応セルの平行な配置が問題である。これら反応セルは、物理的、化学的又は電気化学的反応が進行可能であるように形成される。従来の多孔質の系（不均質触媒）とは対照的に、マイク

ロリアクタにおけるセルの寸法は画定され、要するに計画にしたがって技術的方法で製作される。リアクタの全体における個々の反応セルの配置もまた同様にきちんと整えられ、特に周期的に1つ又は2つの寸法で配列される。広義でのマイクロリアクタに、流体（液体及びガス）のための必須の導入・導出構造並びに個々のセルにおける物質や熱の流れに影響を及ぼし又は制御するセンサ及びアクター（Aktoren）、例えばバルブ（弁）、冷却部材や加熱部材も属する。

1つの個別リアクタセルは、最適な物質搬送や熱移送にとり有利な規模にある側方の広がりを持つ。個別リアクタセルを通る体積流れ（ボリュームフロー）が非常に僅かなので、これら基本セルの平行複製によってリアクタ全体は技術的に必要な限度に大きくされる（スケールアウト）。小さな寸法によって流体流れにおける濃度と温度の局所的相違は最小限度に減らされる。これによってプロセスは遥かに正確に最適な反応条件に調整され、その結果、リアクタにおける反応媒体の滞留時間が等しい場合、化学反応の際の転換率は増大可能である。更に合成された物質の純度と収量は、ほぼ最高に有利な反応条件を設定することによって最適化されうる。これによって、従来どおりのやり方では、例えば中間生成物をねらって横取りされ実施可能でないような化学的転換も実現されうる。

ケミカルマイクロリアクタの製造のために、一連の提案がある。

一つには、例えば流れ経路の形成のためにダイヤモンド工具を

用いて溝が機械加工される多数の銅箔の積み重ねによってマイクロリアクタが製造される。D. Hönicke と G. Wiesmeier によって、DECHEMA Monographs、第132巻、Papers of the Workshop on Microsystem Technology、マインツ、1995年2月20～21日、93～107頁における論文「Heterogeneous Catalyzed Reactions in a Microreactor」において、プロペンからアクロレインへの部分酸化に用いられる上記のようなマイクロリアクタが記載されている。個々のリアクタ層は拡散ボンディング(Diffusionsbonden)とそれに続く電子線接合によって互いに接続される。化学反応の実行のために、発生する経路において部分酸化によって銅が酸化銅(Ⅰ)に変化されることが必要であった。

微細な構造の正確で再現可能な製造のために、そのような目的に適したマイクロポジショニング表(Mikropositioniertisch)が必要である。個々の反応セルは基本的に順次に、それ故に時間・コスト的に集中的なやり方で製作される。

LIGA法(Lithographie, Galvano-Formung, Abformung=lithographie, electroforming, shaping)で、プラスチック層、たいいていの場合にはポリメタクリル酸メチル(PMMA, Polymethylmethacrylat)はシンクロトン放射で露光され、次いで発現される。そのようにして生じた構造は電気分解的に金属で充填される。そして当該金属構造は更なる方法ステップにおいてプラスチックコピー(Kunststoffreplizierung)を用いて再び複製されることが可能である。そのような方法は、W. EhrfeldとH.

Lehr共著のRadiat. Phys. Chem. 第45巻(1995)、349～365頁に、並びにW. Menz著のSpektrum der Wissenschaft、1994年2月、92～99頁及びW. Menz著のAutomatisierungstechnische Praxis第37巻(1995)、12～22頁に記載されている。前掲書Spektrum der Wissenschaftにおける専門論文での報告によれば、別々に製作される個々のコンポーネント又はサブシステムは適当なつなぎ合わせ技術で互いに接続される。

非常に費用・労力のかかるシンクロトン放射なしで間に合うLIGA法に関する技術は、所謂レーザーLIGA法である。この場合、PMMAでなるプラス

チック層は性能の良いUVレーザーで構造付与され、次いでLIGA法のようにガルヴァーニ作用で複製される(W.Ehrfeld等、「Potentials and Realization of Microreactors」、DEHEMA Monographs、第132巻、1～29頁)。

W.Menzによって、前掲書Automatisierungstechnische Praxisにおいて、従来のようにしてマイクロエレクトロニクス回路が形成されたケイ素サブストレート上に先ず保護層が、その上に全面的な金属被覆(金属化)層が、そしてその上にプラスチックモールドイング組成物(Kunststoffformmasse)が施与されるような変更を加えられた方法も提案される。そして、LIGA法によって製作された金属マトリックスによって流動経路構造(Fluidkanalstrukturen)の画像がモールドイング組成物

(Formmasse)に刻まれる。その後、生じた窪みにおける金属層を覆うモールドイング組成物の残りの層が、プラズマエッチングによって除去され、上記窪みに電気化学的に金属が析出する。プラスチック構造は次いで除去され、露出した基礎金属被覆の金属範囲がエッチングによって取り除かれる。

従来のLIGA法もレーザーLIGA法も、これらがプラスチック層の構造付けのために非常に高価な装置(シンクロトン放射源)を必要とするので、非常に費用・労力がかかっている。

更にW.Ehrfeld等の上記論文"Potentials and Realization of Microreactors"からケミカルマイクロリアクタの製造のための方

法が公知であり、そこでは感光性のガラス、例えば FOTURAN® (Schott Glaswerke、マインツ) が用いられる。このために生じるべき構造の画像がUV光でガラス体に移される。引き続いての熱処理によって上記ガラスの露光された範囲のみが晶化する。これはその後、フッ化水素酸溶液で好ましくは腐食除去可能である。この方法は、反応経路が平行する露光とエッチングプロセスによって素早く再生可能であるという利点を有する。しかしながら或る種のガラスのみが使用可能で、その結果、この製造方法は一方で高価であり、他方では幾つかの使用ケースにのみ制限される。

半導体産業においてケイ素表面の構造付与のために開発された方法も、マイク

ロリアクタの製造に転用された。例えばJ.J.Lerou等によって専門論文" Microfabricated Minichemical Systems : Technical Feasibility"、DEHEMA Monographs、1

32巻、51～69頁において、3枚のエッチングされたシリコンウエハと外側の2枚のエンドウエハーが互いに結合されるやり方が記載された。更に同様にマイクロリアクタとして形成され多結晶性銀粒子で満たされた熱交換器が用いられた。このやり方もまた、ケイ素のみが使用可能であるので、単に限定的に用いることができるにすぎない。

プレート熱交換器の製造のための方法がEP 0212878 A1に記載されている。これによれば、熱交換器に必要な経路構造がマスク（スクリーン印刷、フォトリソ）を用いて鋼プレート、特殊鋼プレート（ステンレススチールプレート）、真鍮プレート、銅プレート、ブロンズプレート又はアルミニウムプレート上に形成され、上記経路自体が上記マスクによって覆われていない表面範囲において化学エッチング法によって作り出される。多数のこれらプレートが次いで拡散ボンディング法(Diffusions-bondverfahren)において互いに結合される。拡散ボンディングによって互いに接合されたプレートから形成されたこのような熱交換器はまたEP 0292245 A1に開示されている。

そしてマイクロリアクタの製造のための既に公知の方法は多様の欠点を有し、とりわけ時間的及び／又は費用的割合が高い方法でのみ構造付与された金属表面がリアクタ内で生じることが可能であり、或る種の使用には良好には適さないガラス乃至ケイ素がもっぱら使用可能であるという欠点を有する。

EP 0212245 A1やEP 0292245 A1に係る

リアクタは、示された構成でケミカルマイクロリアクタのための多様な使用可能性が全く考慮に値しない熱交換器のみが製造可能であるという別の欠点を有する。特にこの方法では、この経路の他に電子半導体回路、フォトリソ（ファイバーオプティックウェーブガイド）並びにアクターやセンサのような他の要素を有する複雑なリアクタが実現しない。

それ故に、本発明は、多数の色々な適用に適し、電子スイッチ回路、フォトコンダクタ、アクター及びセンサ並びに触媒作用の腐食保護層や他の機能層のような色々で場合によっては複雑な要素を経路に備えるケミカルマイクロリアクタを製造するという課題を基礎とする。更に製造方法は低廉で且つ素早く行うことができるようにされる。とりわけこのようなマイクロリアクタを大量に製造することも可能である。

上記課題は請求項1～3にしたがう方法と請求項16にしたがうケミカルマイクロリアクタによって解決される。

課題の解決のために、流体経路並びに流体（ガス、液体）のための導入路（インレット）と導出路（アウトレット）を備えた少なくとも1つのサブストレートを有するケミカルマイクロリアクタを製造するための3つの製造方法が見出された。当該方法はプラスチック成形法を用いることなく間に合わせられ、次の方法ステップを有する：

エッチング法：

a. サブストレート上にある金属表面に、フォトレジスト層又は

スクリーン印刷ニス層を用いて流体経路構造を形成して、部分的に上記層によって金属表面を覆うこと；

b. サブストレートの露出表面から少なくとも部分的に金属を非電着性及び／又は電気化学的に腐食除去すること；

c. フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；

d. 接着層及び／又は鍍付け層の形成；

e. サブストレートと流体経路を閉じる閉鎖セグメントの重ね合わせと接着及び／又は鍍付けによるサブストレートと閉鎖セグメントの相互連結。

反転法：

a. サブストレート上にある金属表面に、フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層を用いて流体経路構造を形成して、部分的に上記層によって金属表面を覆うこと；

b. サブストレートの露出表面に非電着性及び／又は電気化学的に金属層を析出

すること；

- c. フォトリジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；
- d. サブストレートから少なくとも部分的に非電着性及び／又は電気化学的に金属を腐食除去すること；
- e. 接着層及び／又は鍍付け層の形成；
- f. サブストレートと流体経路を閉じる閉鎖セグメントの重ね合わせと接着及び／又は鍍付けによるサブストレートと閉鎖セグメ

ントの相互連結。

アディティブ法：

- a. サブストレート上に、フォトリジスト層又はスクリーン印刷ニス層を用いて流体経路構造を形成して、部分的に上記層によってサブストレート表面を覆うこと；
- b. サブストレートの露出表面に金属層を析出すること；
- c. フォトリジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；
- d. 接着層及び／又は鍍付け層の形成；
- e. サブストレートと流体経路を閉じる閉鎖セグメントの重ね合わせと接着及び／又は鍍付けによるサブストレートと閉鎖セグメントの相互連結。

本発明に係るケミカルマイクロリアクタは次の特徴を有する：

- a. 少なくとも1つの平板での流体経路；
- b. 流体のための導入路と導出路；
- c. 上記流体経路が互いに向き合った金属製側壁によって及びこれら側壁の間に延在する金属又はプラスチック製の別の側壁によって限定され；
- d. 異なる流体経路平板が適当な鍍付け層及び／又は接着層を用いて相互連結され及び／又は開いた流体経路を閉じる閉鎖セグメントと連結される。

ケミカルマイクロリアクタの有利な使用が、請求項20に挙げられている。それによれば、ケミカルマイクロリアクタは、毒性

の、不安定な又は爆発性の化学製品、特に塩化シアン、ホスゲン、酸化エチレン

、セレン化合物、メルカプタン、塩化メチル、ヨウ化メチル、硫酸ジメチル、塩化ビニル及びホスフィンを製造するのに適する。

本発明の有利な実施形態乃至アスペクトは従属請求項に挙げられている。

個々のリアクタ平板を製造するためにガルヴァーニ技術に関する方法（工業的電解法）を使用することで、上記平板のための適切な材料の組み合わせの選択によって、夫々の適用の場合での非常にフレキシブルな適合が可能である。

これによって、積み重ねられたリアクタを作り出すことを可能にするために、構造付与されたリアクタ平板の結合を全体にわたるプロセスにまとめる可能性も開かれる。銅箔の使用でのように、リアクタ部材に対する高温負荷を示す拡散接合法の適用がなく、またシリコンウエハーの使用でのように、陽極ボンディング法(anodisch Bondverfahren)の適用もない。むしろ、個々のリアクタ平板は鍍付け乃至接着によって互いに連結される。これによって、マイクロリアクタの個々の平板は既にサブストレートの中間温度負荷を有した積み重なりにつながり合わせることができ、その結果、感温性サブストレート、並びにつながり合わせの前に既に一体化された感温性リアクタ要素、例えば半導体回路やアクターを形成するための膨潤可能なゲルが使用可能である。接合（鍍付け）温度もまた或る種の鍍の選択によって小さな値に減らすこと

ができ、あるいは積み重なり強度も或る種の硬質鍍の選択で高い値に設定可能である。低融解点の鍍の選択によって又は接着剤によって、リアクタ平板のつながり合わせの前に化学合成に使用するための感温性のサブストレート表面ですら調製することが可能である。

本発明に係るリアクタの内側表面はつながり合わせの後にも化学的または構造的に変更することが可能であり、それによって特定の化学プロセスの要求に応じて最適化可能である。金属層に加えて更に、プラスチックを有した金属の複合材料が殆ど制限なく有効であるので、任意のプラスチック層をリアクタに一体化することも可能である。それで、使用された材料は夫々の使用の場合の特定の要求に適合可能である。

製作可能な経路は非常に均一に作ることができる。銅箔を機械的に引っ掻く場

合のようにまくれ形成と工具摩損が生じない。流体経路の寸法は好ましくは1 mmかそれ以下の範囲である。例えば、ほぼ矩形横断面を有した流体経路が100 μm の幅と40 μm の高さでも製作可能である。本発明の特に好ましい実施形態において、流体経路は300 μm 以下の構造高さを有する。経路の横断面が矩形でない場合、幅寸法は経路の高さの半分で測られた幅寸法を適用すべきである。例えば、ほぼ半円形の凹状横断面を有した経路も形成可能である。

更に基本的な利点は、全てのリアクタ平板が同時に作り出すことができることにある。個々の方法段階を互いに連続する必要な

い。個々の経路平板乃至モジュールが実質的に同時に製造可能であるので、全体的なリアクタは僅かな誤差で製造可能である。加えて、基本構造の高い再現性が可能である。

製造されたリアクタは、製造プロセスにとって過度に複雑な装置が必要でないので、費用がかからない。LIGA法で形成されたレジスト構造は実際に甚だしいエッジの急勾配と非常に高いアスペクト率を有する。これら特性はマイクロメカニカルなコンポーネント（これらのために元来この方法は開発された）にとって必須である一方、ケミカルマイクロリアクタの製造にとっては必要なものでない。高価なシンクロトロン放射や高価なUVレーザー装置及びそのために必要な高価なマスクを回避することによって、構造は写真平板のようにして又はスクリーンプリンティングを用いてすら生じることが可能であり、これによってマイクロリアクタでの平均寸法の要求を満足する。

EP 0212878 A1やEP 0292245 A1に記載された熱交換器又は製造方法に比べて、本発明に係るリアクタや製造方法は、拡散ボンディング法が用いられないので、感温性材料が使用可能であるという利点を有する。とりわけ半導体回路、フォトコンダクタ（ファイバーオプティックウェーブガイド）、アクター及びセンサ並びに感温性のコーティングが既にリアクタにそのつなぎ合わせの前に一体化可能である。これによって可能な適用領域の実質的な拡張とリアクタのデザインと製作プランでの単純化とがもたらされる。

上記した理由のために、本発明に係る方法は非常にフレキシブルに使用可能である。個別コンポーネントは大きな部材数で、コスト的に効果的に、及び高い寸法精度で製造可能である。

ケミカルマイクロリアクタとして少なくとも1つのリアクタ層からなる流体経路を備えた装置が理解され、当該装置はまた実際の反応域の他に場合によっては出発材料、中間生成物又は最終生成物の混合、配量乃至計量、加熱、冷却又は分析に供される補助域を有する。各域はそれぞれの要求に適合する構造によって特徴付けられる。加熱域と冷却域とが熱交換器としてか、電気抵抗加熱系と電気冷却要素を備えたリアクタ区画として形成される一方、分析域は適切なセンサーを有し、配量域は例えばマイクロバルブを含有し、混合域は例えば一緒に導かれた流体を渦巻くために適切に形成されたインサートを備えた経路を備える。本発明に係るマイクロリアクタの構造はまた、熱のみが流体媒体から或いは当該媒体に運ばれるような、例えば熱が加熱されるべき又は冷却されるべき媒体と他の加熱乃至冷却媒体との間で交換される特別な適用ケースのために案出可能である。個々のリアクタ層での流体経路は一般的に多数の層の上下積み重ねによって及び最後の層を閉鎖セグメントで閉じることによって閉じられる。

マイクロリアクタを製造するために様々なサブストレートが使用可能であり：一方でこのために金属箔、例えばスチール箔、特殊鋼箔、銅箔、ニッケル箔又はアルミニウム箔が適する。その厚みは5 μ mから1 mmの範囲内であるべきである。5 μ mより薄

い厚みの箔は、そこに十分な幅の経路を形成することができないので、あまり適しない。サブストレートとして純粋な金属箔が用いられる場合、そのような僅かな金属層厚で、それら箔の取り扱いが非常に困難であるという別の問題が生じる。これに対して1 mmより大きな厚みを有した箔は厚いリアクタ積み重なりとなる。

更に片側乃至両側を金属で被覆されたプラスチック箔、セラミック箔又はガラス箔もサブストレートとして使用可能である。例えば銅箔を貼られたエポキシ樹脂又はポリイミドラミネートが適する。金属で被覆されたプラスチック箔を製造

する可能性はまた、それらを公知の化学方法で金属被覆（金属化）することにある。このために、箔は先ず化学的又は物理的な方法を用いて、例えばエッチング溶液で又は適当なガスを使用してプラズマ放電を用いてざらざらにされるように、表面処理されなければならない。次いでプラスチック箔は適当な更なる前処理、例えば浄化（クリーニング）、コンディショニング及び活性化（アクティベーション）の後に非電着性及び／又は電気化学的な方法で金属被覆される。プラスチック層、特にエポキシ樹脂の安定性乃至耐久力はしばしば埋め込みガラス繊維又はアラミド繊維によって増加される。他の可能性は、プラスチック箔と金属箔とを一緒に圧力及び温度の作用下でプレスする（積層形成）ことにある。

他の化学的に抵抗力のある材料は、なかんずく他のポリテトラフルオロエチレン又はハロゲン化されたポリアルカンである。そのような化学的に抵抗力のある材料は例えばプラズマ強化された

化学ガス相（蒸気）堆積乃至析出（PECVD）によって活性化可能である。そのような活性化された表面に非電着性の金属析出によって例えばしっかりと付着したニッケル／磷層又は銅層が形成可能である。ガラス材料又はセラミック材料の密着したコーティングは公知の方法にしたがって、例えば活性化と非電着性金属被膜の前にアルカリエッチングによって簡単直接的に可能である。化学的に抵抗力のあるプラスチックを金属でコーティングすることによって、これら材料は一層簡単に密着するように一緒に接続可能である。ポリテトラフルオロエチレン箔のそのような結合は直接的に可能でなく、ラミネートは金属被覆されない。

流体経路を形成するために種々の方法が使用可能である。1つの方法では、銅のような金属で全面にわたって被覆されたサブストレートから始まる。これに適した経路形成のための方法は以前に概略的に示された。他の方法バリエーションによれば、流体経路はまた金属層のアディティブ構成によって、もっぱら経路構造に対応しないサブストレート上の範囲において生じることことができる。このために本発明に係る方法が同様に有効である。

十分な深さの流体経路構造を得るために、腐食除去されるべき又は析出されるべき金属層は十分な厚みでなければならない。特に大きな面でのサブストレート

上での厚い金属層の様な製造の場合にしばしば起こる問題があるので、その上に経路が形成される小さなサブストレート素材片（ブランク）が好ましくは使用される。

エッチング法によって流体経路を形成するために、レジスト層（スクリーン印刷層又はフォトレジスト層）が、当該レジスト層によって流体経路を形成する表面範囲が覆われないように、サブストレート表面に施与される。

流体経路のアディティブ製造のために、金属で覆われない箔で始めることも可能である。この場合に、先ずスクリーン印刷層又はフォトレジスト層が箔表面上に、流体経路に対応する表面範囲がレジストによって覆われるように、施与される。同じ事が反転法の場合にも当てはまる。アディティブ技術が用いられる場合に非電着性金属析出を可能にするために、箔表面は先ず適切に前処理されなければならない。このために箔の全面的な金属被覆のためのものと同一の方法が用いられる。次いで金属構造が箔表面上のフォトレジスト層の露出範囲に析出可能である。例えば導体プレート（プリント配線回路基板等）技術からの典型的な方法が使用可能である。このために明文をもってこれに関する詳細が"Handbuch der Leiterplattentechnik" 第3巻、G.Herrmann編、61～119頁、1993年、Eugen G.Leuze Verlag、Saulgau、ドイツにおいて言及される。これに含まれた方法技術に関する詳細はここでも使用可能であり、ここに組み込まれる。金属析出後、フォトレジスト層は全体的に除去される。

流体として完成したマイクロリアクタにおいて液体やガスが処理される。

本発明に係る方法にしたがって、サブストレート上に先ず流体

経路構造が形成され、その際、スクリーンプリンティング法又は特に写真平板的な方法が使用される。このために、フォトレジストが箔の片面又は両側に施与される。図1の図解において、例示的にこれら構造を形成する方法が示される（反転技術）。フォトレジスト2がサブストレート1上にフィルムとして薄板状に貼り合わされるか、スピニング技術若しくはカーテン技術によって又は電着によって液体として施与されることが可能である（図1での方法ステップA）

。その後に、フォトレジスト層が生ずるべき流体経路構造の画像で露光され、次いで構造が発現乃至現像プロセスにおいて作り出される（方法ステップ2）。

流体経路構造に加えて、他の機能もサブストレートに備えることができる。一方、所謂アクターとセンサがマイクロリアクタに一体化可能である。上記アクターは、測定信号によって自動的に又は外部から選択可能な例えばバルブのようなスイッチ部材を対象とするが、電気抵抗加熱システムやペルティエ効果にしたがって作動する冷却要素も含む。バルブは例えば膨張可能なジェル栓によって形成可能である。アクターとセンサが備えられたマイクロリアクタは、アクターとセンサの制御技術に関して適切な連結で局所的に最適化されうる。同時にセンサ出力は（例えば熟成（エージング）、触媒の毒性付与や類似のパラメータのような）リアクタ状況の外部モニタリングのために使用することもできる。

場合によっては、サブストレート上の測定信号の選択乃至検出のための電氣的接続線もアクターとセンサのために備えられる。

これら要素のために適切な構造付与要素がフォトプロセスの際に考慮されなければならない。

金属で被覆されたサブストレートが使用されるならば、他の要素もマイクロリアクタの内部に一体化することが可能である。例えば、アクターとセンサを制御するためのマイクロチップが、プラスチックラミネートにおける凹所を備え、これに上記マイクロチップが挿入されることによって、一体化可能である。夫々制御線と信号線に対する電気接続がボンディングや他の例えば銀付けや伝導性接着剤による接着のような公知の結合技術によってもたらされる。

更に構造の形成の際に反応槽に追加的に同時に、供給線、混合域又は冷却循環路のような周辺リアクタコンポーネントも形成可能であり、その結果、製造コストが減る。したがって、これら要素はフォト構造付与段階で既に備えられている。更に普通一般に生じる封止の問題が最少化される。

リアクタの個々の平板は好ましくは複合半製品において作り出されうる。このために個々の平板像が、より大きなパネル又はフィルム上に互いに隣り合った範囲として形成される。これら要素は完成後に互いに分けられ、その後に積み重ね

て組み合わせられる。図2に、互いに交差して配設された等しい流体経路構造を備え積み重ねられた複数の平板の配置が示され、3つの下方平板は既に互いに連結されている。

その後、レジストによって覆われておらず露出金属範囲が更

に処理可能である。このために非電着性又は電気化学的な方法が有効である。好ましくは、経路を形成するために金属箔の金属が少なくとも部分的に取り除かれるか、あるいは非電着性若しくは電気化学的な方法によってこれら方法の組み合わせによって別の金属層が箔の露出範囲上に築かれる(図1)。第1に挙げられた方法においては、流体経路構造はフォトレジストを顕出する間に経路に対応する範囲が露出するように形成される。他方で反転プロセスの際に、これら範囲はフォトレジストによって覆われたままであり、経路構造に対応しない残りの範囲が露出される。

反転法のプロセスバリエーションにしたがって、基礎金属層とは異なる金属レジスト層2が金属表面の露出範囲に施与される(図1での方法ステップC)。好ましくは錫層、鉛層、鉛/錫合金層、ビスマス層、錫/ビスマス合金層、ニッケル層又はコバルト層又はニッケルとコバルトの合金又はこれら元素の硼素や磷のような他の元素との合金が施与される。これら金属を使用することによって、フォトレジスト層の下にある金属層はフォトレジスト層の除去後に金属レジスト層を損なうことなくエッチング可能である。この方法は、フォトレジスト層がエッチング溶液に対する目立った化学抵抗を必要としない利点をもたらす。

露出範囲での金属層がエッチング法にしたがって少なくとも部分的にエッチングされた後、又は金属レジスト層が反転法にしたがって施与された後に、フォトレジスト層が除去される(図1での方法ステップD)。反転法にしたがって、サブストレートはそ

の後にサブストレート材料に作用するが金属レジストマスクには作用しないエッチング浴において処理される(方法ステップE)。エッチング法にしたがって、サブストレートはフォトレジスト層での流体経路構造の形成後にエッチングされ

る。両方の場合に、このようにして構造がサブストレートから作り出される。流体経路は金属箔又は金属コーティングの金属除去によって形成される。

次いで、このようにして製造された多数のリアクタ平板がお互いに上下に積み重ねられ、相互に連結される（方法ステップF）。

鍍付け可能な金属が金属レジストとして使用される場合、この方法において同時に、構造付与された層をその後に積み重ねてつなぎ合わせることを簡単にする層が得られる。起こりうる組み合わせは箔材料として又は金属コーティングとして銅の、及び鍍付け可能な金属レジストとして錫若しくは錫／鉛合金の使用である。硬鍍にも使用される銀含有鍍の電解施与が同様に可能である。

反転法を用いる場合、そのような鍍付け可能な層を形成するための他のやり方は、フォトレジストによって覆われていない金属コーティング乃至金属箔の露出表面に、そこにビスマスが析出する錫層を施与することにある。このようにして被覆された表面が個々のリアクタ平板を積み重ねる際に一緒にされ当該積み重ねが加熱されるならば、低温で溶融する共融混合物がビスマスと錫の間の境界面で形成される。ビスマスの約58重量%がこの混合物に含有される。上記混合物は140℃以下の溶融温度を有する。平板は共融合金の溶融点で一緒に接合される。次いで接続が熱処

理され、その際、ビスマスが錫内に拡散する。それで合金の組成が変化し、その結果、金属層の溶融点が上昇する。それ故、そのように製造された鍍付け接続は熱処理後に元来の鍍付け温度より遥かに高い温度に対し耐性のあるままである。したがって、リアクタ積み重なるの後のつなぎ合わせにとって、鍍付け可能で温度耐性のある層の施与が全プロセスにおいて簡単に一体化可能であるという付加的利点がある。更にまた錫が平板の一方の側の範囲に、他方の側の対応する範囲にビスマスが施与されてもよく、積み重ねるの際に上記両側が互いに向かい合い、その結果、加熱の際に低温溶融する共晶が再び形成される。当然ながら、錫やビスマス以外の共晶を形成する他の金属も使用することができる。

更に、夫々の使用の場合の特有の要求がこれを前提とする限り、金属表面上に別の金属層が析出可能である。それで、例えば腐食と摩滅に対して特に耐性のあ

る層、例えばクロム、ニッケル／隣合金又はパラジウムからなる層又は触媒活性な金属やその化合物（例えばプラチナ、パラジウム、ロジウム、イリジウム、ルテニウム、銅、銀、鉄、ニッケル、コバルト、バナジウム、クロム、タングステン、モリブデン、それらの合金やそれらの化合物、例えばそれらの錯体）がらなる表面が、電解の又は非電着的に流体経路及び／又は閉鎖セグメントの表面上に析出可能である。触媒活性な金属、合金及び化合物がまた酸化物表面に施与可能である。このために例えば銅やアルミニウムでなる担体が表面上で酸化され、続いて触媒被覆が形成される。同様に例えば強磁性のニッケ

ル／コバルト合金の磁気層が所定の適用にとって、例えばアクターとしての磁気バルブの使用にとって必要でありうる。更に表面構造がエッチング技術によっても粗くなり又は滑らかになりうる。

マイクロリアクタに複雑な3次元流体経路構造を生じるために、場合によっては異なった経路平板の間に接続が形成されなければならない。このためにサブストレート材料の連続した構造付与が必要である。これはレーザ穿孔によるような通しプロセスか機械穿孔のどちらかで個々の平板を積み重なりを組み立てる前に行うことができる。二者択一的に、流体経路の形成後の第2フォトリソ構造付与プロセスにおいてリアクタ平板のこれら個所を保護しないままにしておくことが同様に可能で、これら個所は更に第2エッチングプロセスにおいてこの個所でのサブストレート材料がサブストレートの反対側への通し接続を有するまで除去される。

図3に、サブストレート材料を通る通し穴開けの形成が概略的に示される。これによって例えば金属コア1と金属でなる構造4とを備えてなるサブストレートがフォトリソレジスト2によって被覆される（図3での方法ステップB）。これ層は適切なレイアウトでの露光によって感光され、発現されて、その結果、金属コアの露出範囲が、通し穴開けが形成されるべき個所で生じる（方法ステップC）。次いで金属コアがエッチングされて通し穿孔5を形成し（方法ステップD）、その後フォトリソレジスト層が再び除去される（方法ステップE）。

そのようなエッチング法はまた、規定された範囲で腐食除去す

ることによって複数のサブストレートからなるマイクロリアクタの固有層において金属を全体的に除去するために、使用可能である。それで例えば光源からの光線が流体経路を透過するために透光性の窓が形成可能である。適当な光センサが付加的に備えられるならば、液体の通過を防ぐために好ましくはプラスチックの透明層によって形成されたそのような窓によって、吸光又は発光の測定より分析が実行可能である。そのようなセンサはまた平板の範囲内で導光性の層によって実現可能である。

純粋な金属箔の使用の場合、エッチング法としてとりわけ化学方法と電気化学方法とが用いられる。銅箔のために例えば塩化銅(I)又は塩化鉄(III)の塩化水素溶液が使用可能である。アルミニウム箔のためにアルカリ溶液が適する。例えばポリイミドのプラスチック担体の使用の場合、アルカリエッチング溶液を備えた化学方法、プラズマ又はレーザーエッチング方法が使用可能である。またリアクタ平板の間の通路孔が多数利用物(複数のプリントパネル)において形成可能であり、その結果、これまた同様にエッチング法の均一性と時間制約の利点が全ての通過穿孔にとって存する。機械的穿孔装置と相違して、エッチング装置は問題なく連続して運転可能である。工具の欠陥のために穿孔でしばしば生じるように製造の中断が排除可能である。

更に、フォト構造付与は、機械穿孔によって製造された経路よりもかなり小さな連結経路の製造を可能とする。これによって微細に構造付けされた3次元連結ネットワークの構成が容認される。

これは、リアクタ積み重なりが等しいリアクタ室の層状の積み重なりからなるだけでなく、例えば更なる物質のモニタリング計量のため又は化学分析のために付加的コンポーネントを含むならば、必要である。それ故に全部で、個々の平板の相互連結のための技術が平板の構造付与の際に用いられると同じ構造上の多様さと正確さを可能にするならば有利である。

好ましくは、リアクタの多数の平板要素を有したサブストレートの大きな利用物(複合ブランク/金属素材片)が水平搬送を備えた送り設備において加工処理される。そのような設備は、プリント回路基板等の導体プレートの製造から公知

である。これによって通過するサブストレート全ての一様で素早い処理が達成される。

所望の流体流量への適合をもたらすために、適切な数の平板が積み重なりにより一体化されなければならない。図4に3つの要素からなる積み重なりが形成される。個々の層1と流体経路を閉じる閉鎖セグメント6から、積み重なりが形成され、これはその後例えば加熱によって鍍付け層3を用いて接合される（図4での方法ステップB）。そしてそのような積み重なりは再びリアクタモジュールとして考慮され、場合によっては一層大きなブロックに相互連結されることが可能である。

リアクタ平板を積み重なりにつなぎ合わせる場合、2つの前提が満たされなければならない：一方では互いに平板を固定することであり、他方では貫流した構造を封止することである。高圧下

でリアクタを稼動する際に生じる力を吸収できるように定められたフロントプレートによって積み重なりを閉じるのが好都合である。多数の平板が積み重なりを形成するように一体化され、当該平板は互いに位置的に正確に固定され封止される。このために適当なレジスタリング要素が用いられる。例えば所謂Tooling Holesや光学マーカーの適用と使用のようなプリント回路基板等の導体プレートや半導体の製造から公知の技術が特に適する。

平板はDIN 8593にしたがって鍍付け又は接着によってつなぎ合わされることが可能である。技術の選択はマイクロリアクタの運転パラメータに依存する。重要な運転パラメータは温度、圧力、機械的負荷（ストレス）及び反応成分の化学組成である。可逆法を用いる場合に適当な鍍層の析出による接合プロセスの準備が製造法に一体化可能であるので、好ましくは鍍付け法が用いられる。

接着層は例えばスクリーンプリンティング法において施与可能である。とりわけエポキシ樹脂、アクリレート樹脂、例えばシアノアクリレート樹脂、ポリエステル、ポリウレタン、アミノ合成樹脂及びフェノール樹脂を基礎とする接着剤が使用される。化学抵抗のためにエポキシ樹脂が好ましい。しかしながら、流体経路表面のその後の前処理とこれら表面への金属層の析出の場合、流体にさらされ

た接着層の前面は封止可能で、その結果、流体との化学的適合性は重要でない。

マイクロリアクタの運転の際、積み重なるの前面で、外側微細

構造面の機械的安定性を上回ることになる力が強制的に生じるので、積み重なるの境界をなし適切に寸法決めされたフロントプレートが備えられなければならない。これらプレートは上記力を吸収する。当該フロントプレートのお互いの固定は例えば適当なねじ止めによって実現されうる。

好ましい実施形態において、リアクタのつなぎ合わせの後に内側リアクタ表面の化学的で形態学的な構造が改善可能である。このために適当な流体（液体、ガス）がリアクタを通して導かれる。継ぎ合わせの際に用いられるプロセスパラメータが反応にとり最適な表面と適合しない場合に、そのようなプロセスシーケンスが必要である。例えば鍍付け可能な中間層が化学抵抗性のニッケル合金層7の電流を通じない施与（非電着性金属析出）によって覆われうる（図4での方法ステップC）。更に継ぎ合わせの際に温度上昇が発生する場合、金属表面の表面形態が再晶化によって不利に変化しうる。そのような場合、例えば表面粗さを高めるために適切なエッチング溶液を通り抜け案内することによって、又は別の金属層の析出によって表面構造を最適化することが可能である。表面の化学組成はまた継ぎ合わせプロセスによって乱されうる。例えば複数の相からなる触媒表面は相変化によって不利に変化しうる。担体固定された触媒は同様に温度変化に対して非常に敏感である。

そして継ぎ合わせ技術によって、たいていの場合に強制的に経路を通して流れる流体流れに対して単に不十分な封止のみが達成

される場合、マイクロリアクタの内側表面はとりわけまた追加金属層によって後に覆われうる。そのような場合、例えば平板間で不十分に封止された継ぎ合わせは、後から非電着性に析出された金属層の層、例えば銅乃至ニッケル層によって封止可能である。

3次元的な結合構造から生じる論理的に矛盾のない利用の可能性において、複機能のリアクタタイプが実現する。これらで異なる機能範囲が複雑に互いに結び

合わされる。それ故、混合域、熱交換器域及び反応域のカスケード接続からなる多段の合成リアクタを実現することが可能である。そのようなモジュールで、経路構造の3次元画像がそれぞれの域の最適配置の後にもたらされる。モジュールはその入力及び出力を介してマイクロエレクトロニクス構成部品に類似して定められる。そのようなモジュールは更に新しいリアクタを形成するように組み合わされう。

本発明に係る方法にしたがって製造されたマイクロリアクタは、特に公知の合成法にしたがう有毒な、不安定な又は爆発性の化学製品を製造するのに用いられることができる。それによって、これらの化合物の別々の製造が回避され、その結果、危険な貯蔵が省かれる。この場合において或る種の間中生成物の更なる加工処理が関連するならば、これら化合物は最終生成物の製造位置で製造され、その後製造設備のリアクタに直接的に導かれる。そのような化合物はしばしば不安定なので、製造された中間生成物の一部がこの更なる加工処理の前に再び分解する危険がない。更に危険な中間生成物もまた例えば調製のため及び貯蔵の場合に分離

して処理する必要がもはやない。

以下に本発明の更なる解説のために製造例を述べる。

例1 (エッチング技術の使用と鋳付けでの個々のリアクタ面の接合によるマイクロリアクタの製造) :

マイクロ構造 (ファインパターン) テクノロジーでのマイクロリアクタ/熱交換器の製造のためにエッチング法が用いられた。

図5において、斜視図的に、3個の連続する銅板の配設が詳細に示される。

マイクロリアクタは60枚の銅板1の積み重なりから製造された。当該銅板は、ガス又は液体の流れが一方方向に通り抜けて流れるように構造を与えられた。層はそれぞれ90°だけ互いに回転して積み重ねられた。それ故に交差流れの動き (Kreuzstrom-betrieb) のためのパネル熱交換器が形成された。

熱交換器の製造のためのサブストレート材料として、それぞれ150mm×150mmの寸法での125µm厚の銅板が用いられた。これらの銅板からそれぞ

れ熱交換器のための4枚のパネルが製造された。

第1製造ステップは、感光性のネガティブに作用するドライフィルムレジスト（例えば米国DuPont de Nemours Inc. の Riston® 4630）の施与にあった。レイアウトの当該レジストへの露光と発現後、銅エッチング溶液中で露出した範囲から $60\mu\text{m}$ の厚みにエッチングすることによって銅が一様に除去された。これによって、上記レイアウトによって設定された約 $430\mu\text{m}$ の

経路幅で、 $60\mu\text{m}$ の経路深さで $70\mu\text{m}$ の垂直辺幅（ウェブ幅）の経路構造が生じた。フォトレジストがその後に再び全体的に除去された。

構造を与えられた銅板上に次いで $4\mu\text{m}$ 厚の錫／鉛層が施与された。

その後、銅板は、リアクタバケットにおける個々の層に対応した4つのセグメントに細かく切られた。当該セグメントは等しく構造を与えられ、上記したように積み重ねられた。

積み重なるの端部プレートとして、 5mm 厚の特殊鋼（ステンレススチール）が用いられた。積み重なりは、端部にある4つのM8ネジによって互いにねじ止めされた。このために必要な孔8は、必須のガス乃至液体通路9のように、銅板と特殊鋼に穿たれた。最後のステップにおいて、銅板は、積み重なりを 300°C に加熱することによって、互いに接合され、その結果、錫／鉛層が個々の銅板上で液状となった。

このようにして製造された積み重なりはそれぞれ、それぞれ 0.7cm^2 の横断面エリアを備え各流れ方向のための2640本の経路を有した。全体の内側表面は 3000cm^2 になった。当該内側表面は $4\mu\text{m}$ 厚の錫／鉛層で覆われた。

化学合成の際に使用のための特定の適用にとって、錫／鉛層が、銅に作用しない錫／鉛エッチング溶液に通り返けて案内されることによって除去された。更なる方法ステップにおいて、非常に薄いパラジウム層（例えば $0.02\mu\text{m}$ 厚）がセメント接合

(zementative)金属析出によって施与された。そしてマイクロリアクタは不均一

な触媒反応の実施のために用いることができた。個々の平板に分けられる銅板が非常に高い熱伝達係数を有するので、そのようなマイクロリアクタが強い吸熱乃至発熱反応に特に良好に適している。

例2（反転技術の使用と鍍付けでのリアクタ平板の接合によるマイクロリアクタの製造）：

第1製造ステップにおいて、感光性のドライフィルムレジスト

（ドイツ Morton International GmbH の Laminar® HG 2.0 MIL）

が銅サブストレート上に施与された（図1での方法ステップAに対応する）。レイアウトでの当該レジストへの露光（製造されるべき流体経路に対応する表面範囲がレジストで覆われなかった）と続いての発現（現像）の後、露出した範囲に電気メッキで6 μ mの厚みの錫／鉛層が施与された（図1での方法ステップBとCに対応する）。この層は、後続する構造付けの際のエッチングレジストとしても、個々の層のつなぎ合わせのための鍍付け層としても用いられた。

ドライフィルムレジストは次いで再び全体的に除去された（図1での方法ステップDに対応する）。銅エッチング溶液（塩化鉄(III)／塩酸）での処理が続いた。これで、錫／鉛層で覆われていない範囲が60 μ mの厚みに腐食除去された（図1での方法ステップEに対応する）。

その後、4部からなる有用域(Vierfachnutzen、コピーブランク

／パネル)を担持する銅板が4つの等しく構造付けされたセグメントに細かく切られた。40枚のこれら個別層が製造例1のようにレジスタリング(Registrierung)、組み立て及び流通穿孔をもたらした後に積み重ねられ（図1での方法ステップFに対応する）、銅で被覆された2枚の特殊銅プレート（それらのうちの1枚は最上流体経路を閉じる閉鎖セグメントとして用いられた）の間にねじ止めされ、最終的に約300℃の加熱によって互いに接合された。

このように製造された経路の内側表面は錫／鉛層で覆われず、それ故に触媒化学反応の実施のために直接的にセメント接合金属析出によって（水性のPdSO₄／H₂SO₄溶液から）薄いパラジウム層で覆われることが可能であった。

例3（アディティブ技術の使用と粘着でのリアクタ平板の接着によるマイクロ

リアクタの製造) :

第1製造ステップにおいて、 $100\mu\text{m}$ 厚のドライフィルムレジストが $25\mu\text{m}$ 厚の銅箔で両面を覆われたポリイミド箔(米国 DuPont de Nemours Inc.の Kapton® -H)に施与された。図5にしたがうレイアウトでの上記レジストへの露光とその後に当該レジストを発現して、形成されるべき流体経路に対応しない銅表面上の個所が露出した後に、露出した範囲に $80\mu\text{m}$ 厚の銅層がガルヴァーニ作用下で析出した。レジストが次いで除去された。

これまた同様に4部からなる有用域に製造された銅サブストレートは4つの等しい構造付けされたセグメントに細かく切られた。

20枚のこれら個別層が製造例1のようにレジスタリング、組み立て及び流通穿孔をもたらした後に積み重ねられた。

この積み重なりに、フッ素化されたポリエチレン(FEP)からなる個別層が以下に記載された前処理の後に一体化された:

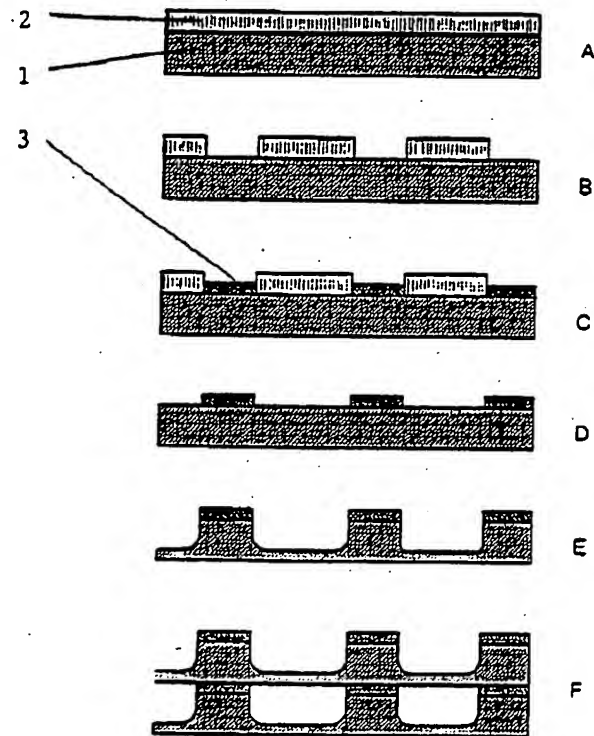
約 1mm 厚のFEP層(銅層と同じ大きさと孔)が、有機金属添加剤(π -アリル- π -シクロペンタジエニル-パラジウム(II))を使用して、ラジオ周波数プラズマ(PECVD)において、パラジウム触媒で被覆された。当該触媒層は、還元剤として次亜リン酸ナトリウムを有した非電着性のニッケル浴中で約 $1\mu\text{m}$ 厚のニッケル/リン層で金属被覆され、その上にガルヴァーニ作用下で約 $30\mu\text{m}$ 厚の銅層が硫酸銅浴から施与された。銅層及びニッケル/リン層は、プリント回路基板技術の公知方法にしたがって適切な電子回路のレイアウトで構造を与えられた。その後に半導体コンポーネント(マイクロチップ)のような電子構成部品がFEP層に取り付けられ、ボンド接着乃至ボンディングと鋲付け法によって制御信号導線に連結された。

20枚の構造付与されたポリイミド/銅層上にもFEP層上にも経路構造の範囲外で縁範囲にエポキシ樹脂ベースの二成分接着剤が薄く施与された。中央にFEP層を備えた銅層が積み重ねられ、当該積み重なりは銅で被覆された2枚の特殊銅プレートの間にねじ止めされ互いに貼り付けられた。

開示された特徴の全て並びに開示された特徴の組み合わせは、公知であると明文をもって言及されない限り、この発明の対象で

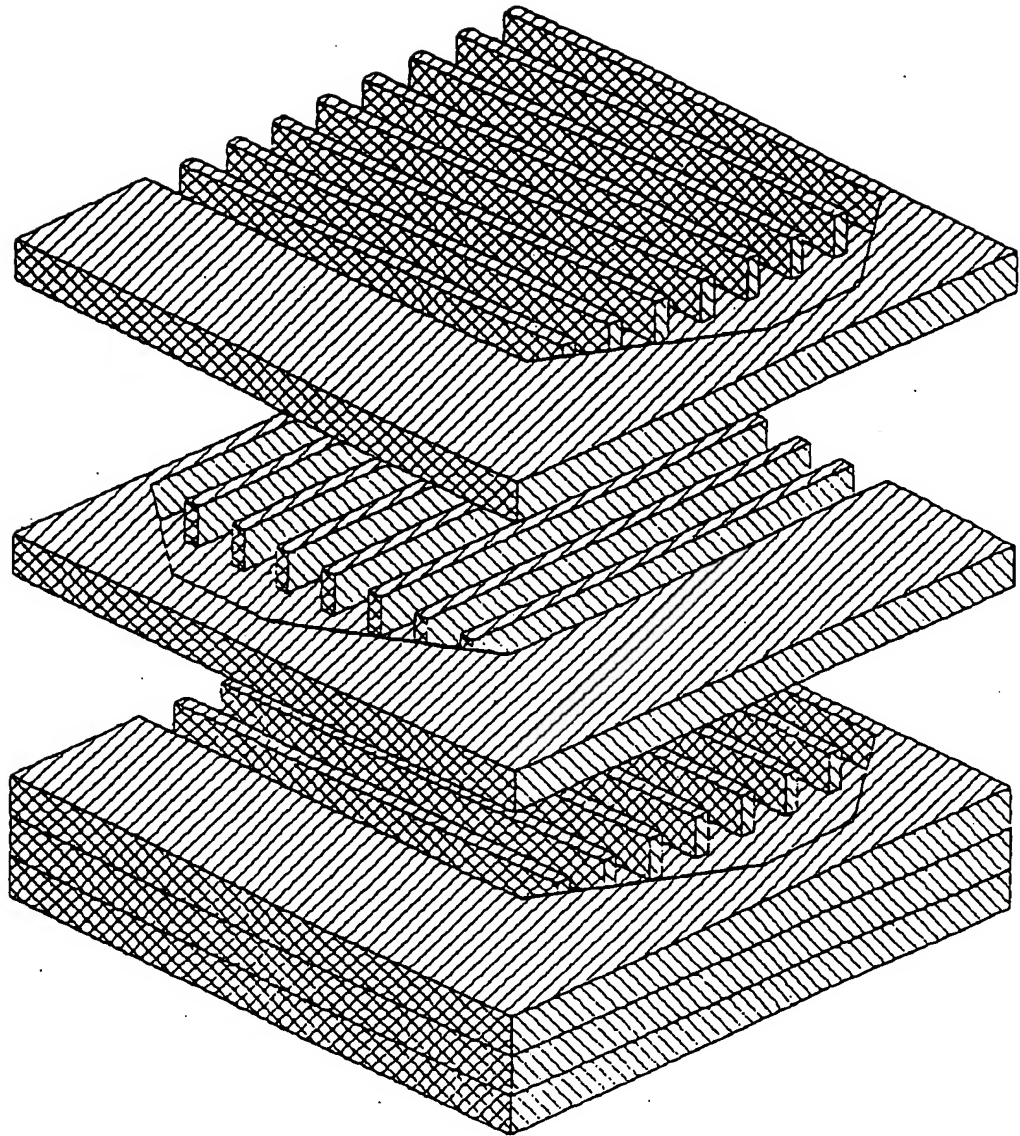
ある。

【図1】



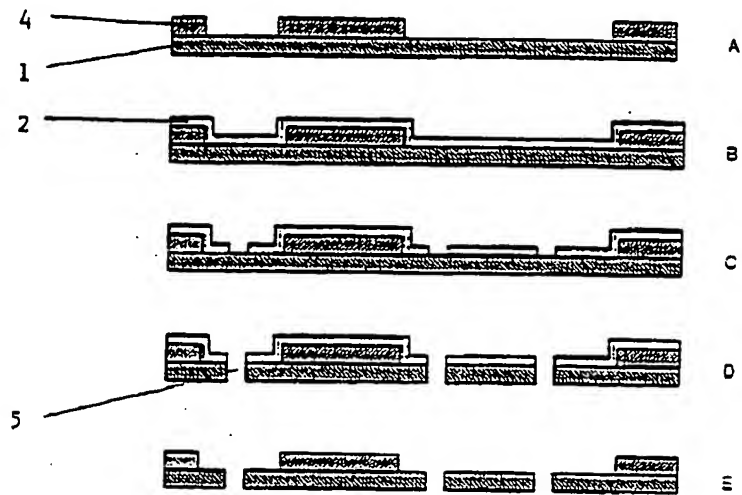
Figur 1

【図2】



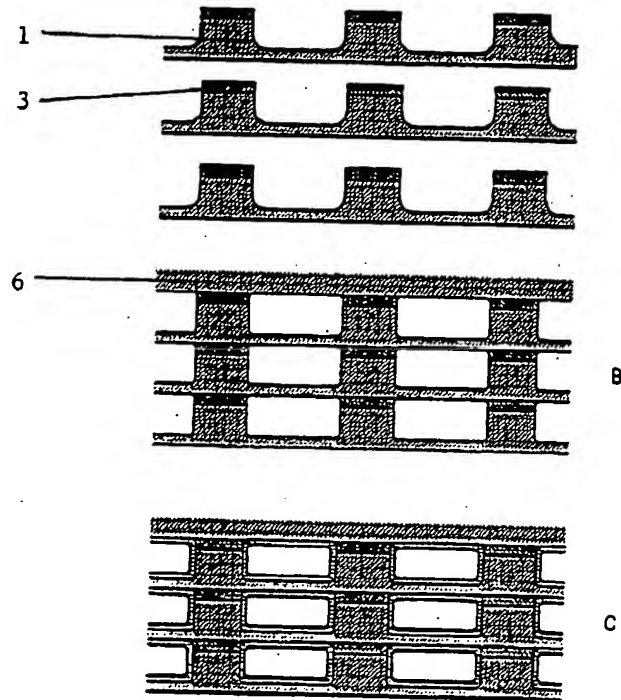
Figur 2

【図3】



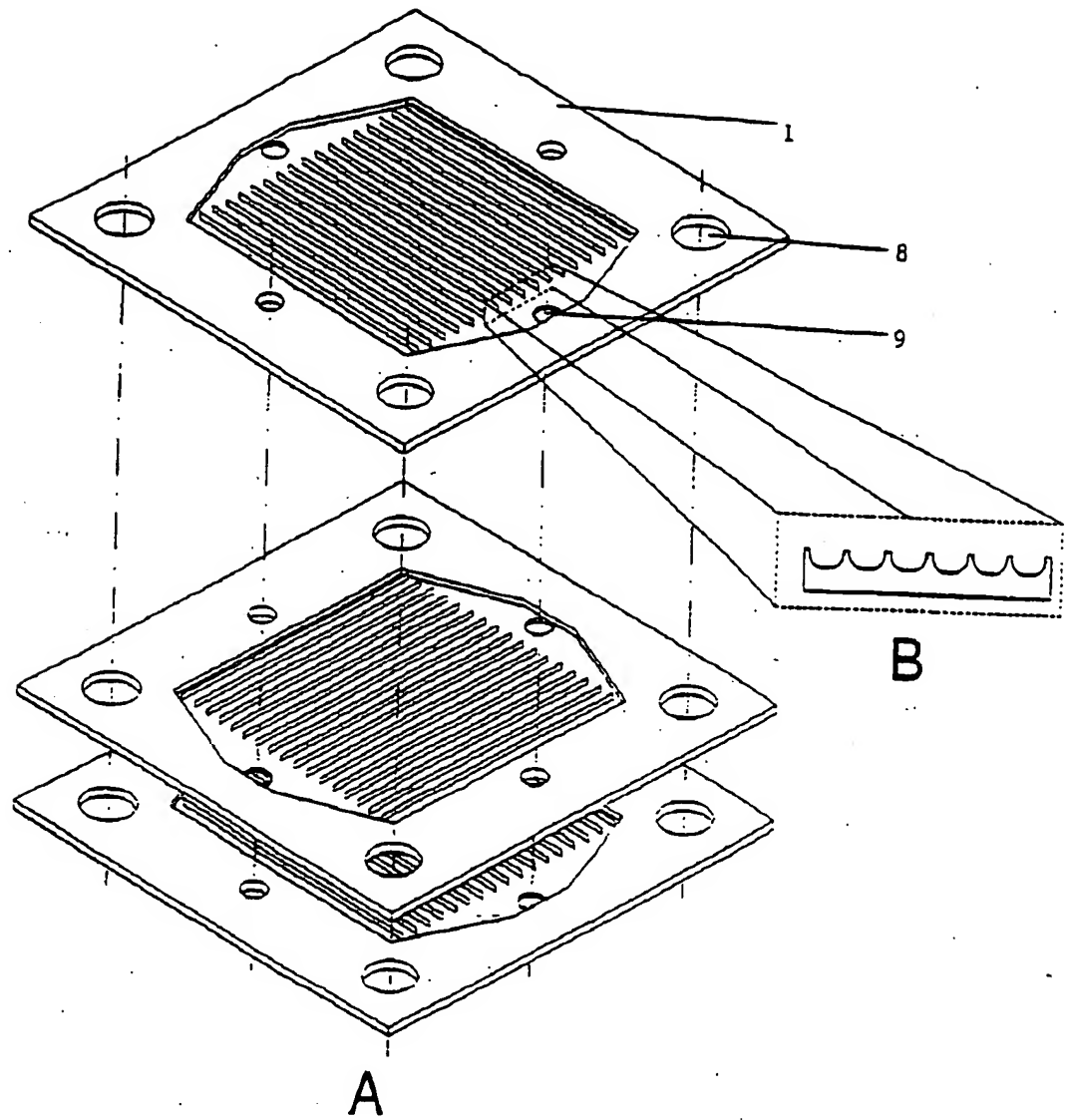
Figur 3

【図4】



Figur 4

【図5】



Figur 5

【手続補正書】特許法第184条の8第1項

【提出日】平成11年3月16日(1999. 3. 16)

【補正内容】

請求の範囲

1. プラスチック成形法を使用しない、流体経路並びに流体のための導入路と導出路を備えた少なくとも1つのサブストレートを有するケミカルマイクロリアクタのための製造方法にして、

a. サブストレート上にある金属表面に、フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層を用いて流体経路構造を形成して、部分的に上記層によって金属表面を覆うこと；

b. 上記サブストレートの露出表面から少なくとも部分的に金属を非電着性及び／又は電気化学的に腐食除去すること；

c. フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；

d. 鍍付け層の形成；

e. 上記サブストレートと上記流体経路を閉じる閉鎖セグメントとの重ね合わせと、鍍付けによるサブストレートと閉鎖セグメントの相互連結

の各方法ステップを備える製造方法。

2. プラスチック成形法を使用しない、流体経路並びに流体のための導入路と導出路を備えた少なくとも1つのサブストレートを有するケミカルマイクロリアクタのための製造方法にして、

a. サブストレート上にある金属表面に、フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層を用いて流体経路構造を形成して、部分的に上記層によって金属表面を覆うこと；

b. サブストレートの露出表面に非電着性及び／又は電気化学的に金属層を析出すること；

c. フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；

d. 流体経路を形成し、少なくとも部分的にサブストレートの金属を非電着性及び／又は電気化学的に腐食除去すること；

- e. 接着層及び／又は鍍付け層の形成；
- f. 上記サブストレートと上記流体経路を閉じる閉鎖セグメントとの重ね合わせと、接着及び／又は鍍付けによるサブストレートと閉鎖セグメントの相互連結の各方法ステップを備える製造方法。

13. 流れる流体の特性の測定のためのセンサ及び／又は電線がリアクタに形成されることを特徴とする前記請求項のいずれか一項にしたがう方法。

14. 電氣的抵抗加熱系及び／又は冷却要素がリアクタに形成されることを特徴とする前記請求項のいずれか一項にしたがう方法。

15. 複数のサブストレートからなるマイクロリアクタの個々の層にて、透光性窓を形成するために腐食除去によって限定された範囲で金属が完全に除去されることを特徴とする前記請求項のいずれか一項にしたがう方法。

16. 流体経路を少なくとも1つの平板に並びに流体のための導入路と導出路を備えたケミカルマイクロリアクタにして、上記流体経路が互いに対抗する金属でなる側壁とこれら側壁の間に延在する金属乃至プラスチックでなる他の側壁によって画定されたマイクロリアクタにおいて、適切な鍍付け層を用いて上記平板が互いに及び／又は開いた流体経路を閉じる閉鎖セグメントと連結していることを特徴とするマイクロリアクタ。

17. 上記側壁が少なくとも鋼、特殊鋼、銅、ニッケル及びアルミニウムの群から選択された金属から形成されることを特徴とする請求項16にしたがうマイクロリアクタ。

18. 鍍付け層として、錫、鉛、ビスマス、アンチモン及び銀の群から選択された金属を含有する金属合金が含まれることを特徴とする請求項16又は17にしたがうマイクロリアクタ。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/DE 98/00519	
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 G03F7/00	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC	
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G03F	
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched	
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages Relevant to claim No.
X	WO 92 15408 A (DYCONEX PATENTE AG HEINZE & CO.) 17 September 1992 see page 15; figures 1-3
A	EP 0 212 878 A (HEATRJC PTY LTD) 4 March 1987 cited in the application see page 9, line 12 - page 10, line 10
A	DE 30 11 282 A (KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH) 1 October 1981
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.	
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.	
* Special categories of cited documents :	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier documents but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another document or other special reason (as specified) "O" documents relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principles or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 6 July 1998	Date of mailing of the international search report 15/07/1998
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 1, Patentstrasse 1 NL-2200 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 600 nl. Fax (+31-70) 340-3010	Authorized officer Haenisch, U

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/DE 98/00519

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9215408 A	17-09-1992	CH 681758 A	14-05-1993
		AT 154259 T	15-06-1997
		DE 59208606 D	17-07-1997
		EP 0527980 A	24-02-1993
		US 5698299 A	16-12-1997
EP 212878 A	04-03-1987	AU 587842 B	31-08-1989
		AU 6034786 A	12-02-1987
		JP 62037687 A	18-02-1987
DE 3011282 A	01-10-1981	CH 655384 A	15-04-1986
		FR 2482278 A	13-11-1981
		GB 2079638 A,B	27-01-1982
		JP 56150389 A	20-11-1981
		US 4431488 A	14-02-1984
		US 4485866 A	04-12-1984

【公報種別】特許法第17条第1項及び特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第2部門第1区分

【発行日】平成15年6月10日(2003. 6. 10)

【公表番号】特表2001-524019(P2001-524019A)

【公表日】平成13年11月27日(2001. 11. 27)

【年通号数】

【出願番号】特願平10-536162

【国際特許分類第7版】

B01J 19/00

【FI】

B01J 19/00

Z

K

手続補正書

平成14年12月19日

特許庁長官 太田 信一郎 殿

1. 事件の表示

特願平 10 - 536162 号

2. 補正をする者

事柄との関係 特許出願人

名称 アトーチ ドイツチュラント ゲゼルシャフト ミット
ベシュレンクテル ハフツング

3. 代理人

住所 東京都新宿区四谷4丁目2番5号

KDビル 〒160-0004 TEL 03-3350-4841

氏名 弁護士 (6313) 伊 藤 誠 久



4. 補正対象書類名 (1) 請求の範囲

5. 補正対象項目名 (1) 請求の範囲

6. 補正の内容 別紙の通り

— 別 紙 —

請求の範囲

1. プラスチック成形法を使用しない、流体経路並びに流体のための導入路と導出路を備えた少なくとも1つのサブストレートを有するケミカルマイクロリアクタのための製造方法にして、

a. サブストレートにある金属表面に、フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層を用いて流体経路構造を形成して、部分的に上記層によって金属表面を被覆すること；

b. 上記サブストレートの露出表面から少なくとも部分的に金属を非電着性及び/又は電気化学的に溶出除去すること；

c. フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；

d. 備付け層の形成；

e. 上記サブストレートと上記流体経路を閉じる閉鎖セグメントとの互い合わせと、備付けによるサブストレートと閉鎖セグメントの相互連結の各力仕アップを備える製造方法、

2. プラスチック成形法を使用しない、流体経路並びに流体のための導入路と導出路を備えた少なくとも1つのサブストレートを有するケミカルマイクロリアクタのための製造方法にして、

a. サブストレート上にある金属表面に、フォトレジスト層又はスクリーン印刷ニス層を用いて流体経路構造を形成して、部分的に上記層によって金属表面を被覆すること；

b. サブストレートの露出表面に非電着性及び/又は電気化学的に金属

層を析出すること；

- 0. フォトリジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；
- 4. 固体結晶を形成し、少なくとも部分的にサブストレーットの金属を非電導性及び／又は電気化学的に腐食除去すること；

5. 絶縁層及び／又は絶付け層の形成；

1. 上記サブストレートと上記固体結晶を閉じる閉鎖セグメントとの重ね合わせと、増着及び／又は絶付けによるサブストレートと閉鎖セグメントの相互連絡

の各方法ステップを備える製造方法。

2. プラスチック成形法を使用しない、固体結晶並びに結晶のための導入路と導出路を備えた少なくとも1つのサブストレートを有するケミカルマイクロリアクタのための製造方法にして、

a. サブストレートに、フォトリジスト層又はスクリーン印刷ニス層を用いて固体結晶構造を形成して、部分的に上記層によってサブストレート表面を覆うこと；

b. 上記サブストレートの露出表面に金属層を析出すること；

c. フォトリジスト層又はスクリーン印刷ニス層の全面的な除去；

4. 絶縁層及び／又は絶付け層の形成；

5. 上記サブストレートと上記固体結晶を閉じる閉鎖セグメントとの重ね合わせと、増着及び／又は絶付けによるサブストレートと閉鎖セグメントの相互連絡

の各方法ステップを備える製造方法。

4. 上記方法ステップで、サブストレートがフォトリジスト層で被覆され、当該フォトリジスト層が固体結晶構造のボジリブネが露出で露

光され、次いで溶解されることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の方法。

5. 少なくとも銅、亜鉛、銀、ニッケル及びアルミニウムからなる群から選択された金属からなる表面を備えたサブストレートが用いられることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の方法。

6. 上記方法ステップで、少なくとも銅、銀、ニッケル、コバルト、ビスマス、鉛、金及びこれら金属の合金からなる群から選択された金属が非電導性及び／又は電気化学的に溶解されることを特徴とする請求項2に記載の方法。

7. 絶縁、絶縁、ビスマス層又は合金層が金属に動作下で結合される絶付け結合によって上記サブストレートが相互連絡されることを特徴とする請求項6に記載の方法。

8. 上記方法ステップで、サブストレートの一方の側に絶縁層が設けられ、サブストレートの他方の側にビスマス層が設けられて、絶縁層とビスマス層が上下に重なり合い次いで互いに絶付けされるように上記サブストレートが積み重ねられることを特徴とする請求項6又は7に記載の方法。

9. 通路がサブストレートの内側に形成されることを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載の方法。

10. サブストレートを重ね合わせ相互連絡した後に固体結晶の溶解が全面露出、金属エッチング及び化合物又は他の化学種の吸着からなる群から選択された少なくとも1つの方法によって部分変更されることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の方法。

11. 絶縁膜の形成のため又は腐食層としてパラジウム層、プラチ

ナ層、ロジウム層、イリジウム層、ルテニウム層及び／又はこれら金属の合金の層及び／又はニッケル／銅合金の更なる析出によって固体結晶の表面が部分変更されることを特徴とする請求項10に記載の方法。

12. 触媒性金属層の析出によってバルブ及び／又は他のアクターがリアクタに形成されることを特徴とする請求項1～11のいずれか一項に記載の方法。

13. 覆れる固体の特性の測定のためのセンサ及び／又は電極がリアクタに形成されることを特徴とする請求項1～12のいずれか一項に記載の方法。

14. 電気的抵抗加熱系及び／又は冷却要素がリアクタに形成されることを特徴とする請求項1～13のいずれか一項に記載の方法。

15. 複数のサブストレートからなるマイクロリアクタの個々の層にて、透光性を形成するために腐食除去によって限定された範囲で金属が完全に除去されることを特徴とする請求項1～14のいずれか一項に記載の方法。

16. 固体結晶を少なくとも1つの半粒に並びに結晶のための導入路と導出路を備えたケミカルマイクロリアクタにして、上記固体結晶が互いに対峙する金属でなる初層とこれら初層の間に存在する金属乃至プラステックでなる他の初層によって固定されたマイクロリアクタにおいて、適切な絶付け層を用いて上記半粒が互いに及び／又は互いに固体結晶を閉じる閉鎖セグメントと連絡していることを特徴とするマイクロリアクタ。

17. 上記初層が少なくとも銅、亜鉛、銀、ニッケル及びアルミニウムの群から選択された金属から形成されることを特徴とする請求項1

6に記載のマイクロリアクタ。

18. 絶付け層として、銅、鉛、ビスマス、アンチモン及び銀の群から選択された金属を含有する合金合金が含まれることを特徴とする請求項16又は17に記載のマイクロリアクタ。

19. 初層が腐食作用のため及び／又は腐食保護のために初層層で被覆されていることを特徴とする請求項16～18のいずれか一項に記載のマイクロリアクタ。

20. 有毒、不安定又は爆発性の化学製品、特に塩化シアン、ホスゲン、酸化エチレン、セレン化合物、メルカプタン、塩化メチル、ヨウ化メチル、炭酸ジメチル、塩化ビニル及びホスフィンを製造するために、請求項16～19のいずれか一項に記載のマイクロリアクタの使用。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.